



(19)

(11) Publication number:

63241610 A

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(51) Intl. Cl.: G05D 1/02 A47L 9/28

(21) Application number: 62074018

(22) Application date: 30.03.87

(30) Priority:

(43) Date of application
publication: 06.10.88

(84) Designated contracting
states:

(71) Applicant: HITACHI LTD

(72) Inventor: OGASAWARA HITOSHI
OBATA MASAO

(74) Representative:

(54) METHOD FOR CONTROLLING RUNNING OF SELF-RUNNING ROBOT

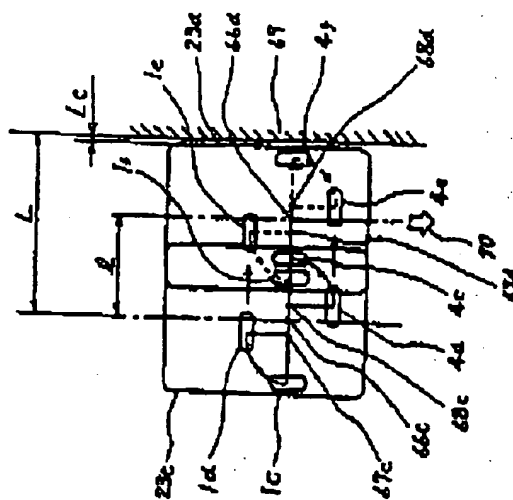
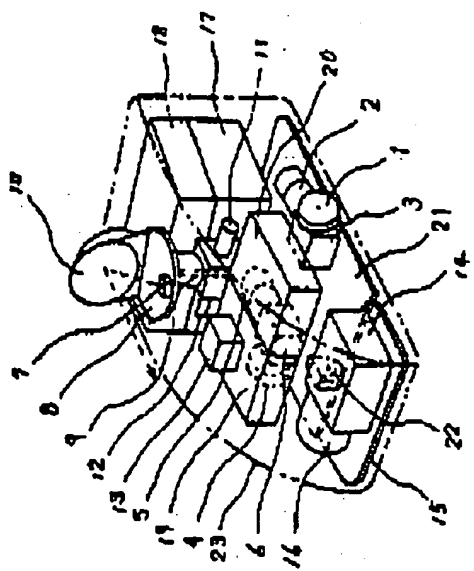
(57) Abstract:

PURPOSE: To make a self-running robot closer to a wall by turning only running direction of wheels by 90° without changing of the direction of the self-running robot and making the robot run sideways along the wall or an obstacle when the self-running robot comes close to the wall and it can not carry out a U-turn.

CONSTITUTION: When the self-running robot comes so close to the wall of a room or the obstacle that it can not execute the U-turn, it is made to run sideways along the wall or the obstacle by turning only directions of the wheels 1 and 4 by 90° without changing the direction of the robot. The running distance in running sideways is changed according to the distance from the robot's own position to the wall of the room or the obstacle.

COPYRIGHT: (C)1988,JPO&Japio

BEST AVAILABLE COPY



⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-241610

⑬ Int. Cl.⁴

G 05 D 1/02
A 47 L 9/28

識別記号

庁内整理番号

G-8527-5H
A-6864-3B

⑭ 公開 昭和63年(1988)10月6日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全10頁)

⑮ 発明の名称 自走ロボットの走行制御方法

⑯ 特 願 昭62-74018

⑰ 出 願 昭62(1987)3月30日

⑱ 発 明 者 小 笠 原 均 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所
家電研究所内

⑲ 発 明 者 小 畑 征 夫 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所
家電研究所内

⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉑ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

明 細 書

1 発明の名称

自走ロボットの走行制御方法

2 特許請求の範囲

1. 自走ロボット本体の向きを変化させないで車輪を旋回させる車輪旋回駆動装置と、この車輪旋回角度を測定する旋回角度測定装置と、車輪の走行距離測定装置と、走行方向を測定する方向測定装置と、超音波によって物体までの距離および方向を測定する超音波物体検知装置と、前記走行距離測定装置と方向測定装置とから得られる自己位置座標と超音波物体検知装置から得られる物体の位置座標とを記憶する記憶装置と、この記憶装置のデータをもとに前記車輪旋回駆動装置を制御する制御装置とを備えた自走ロボットにおいて、自走ロボットが部屋の壁あるいは障害物などの物体に近づいた場合に、自走ロボット本体の向きを変化させないで、前記車輪旋回駆動装置を前記旋回角度測定装置での測定角度をもとに90°旋回させて車輪の走行方向

を自走ロボット本体の向きに対して直角方向に向け、この車輪を、前記記憶装置に記憶されている自走ロボットの自己位置座標データと障害物などの物体の位置座標データをもとに、自己位置から物体までの距離に応じた距離だけ走行させ、自走ロボット本体を部屋の壁や障害物などの物体に向って横方向に接近させることを特徴とした自走ロボットの走行制御方法。

3 発明の詳細な説明

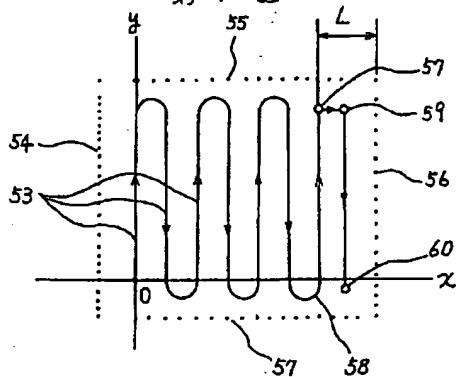
〔産業上の利用分野〕

本発明は、自走ロボットに係り、特に部屋の壁ぎわ、あるいは障害物体のきわまで自走ロボットを接近させることに適した自走ロボットの走行制御方法に関する。

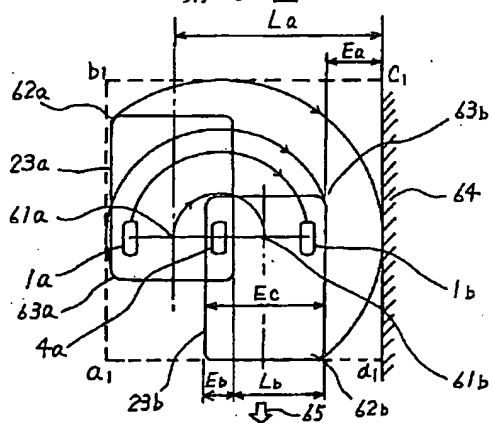
〔従来の技術〕

部屋の壁ぎわの掃除をする方法として、例えば特開昭55-97608号公報に示されるように、進行方向に対して左右に移動可能な吸引口ブラシを設け、横方向へ1ピッチ移動できないときは、吸引口ブラシのみ横方向に必要な間隔だけ移動させる

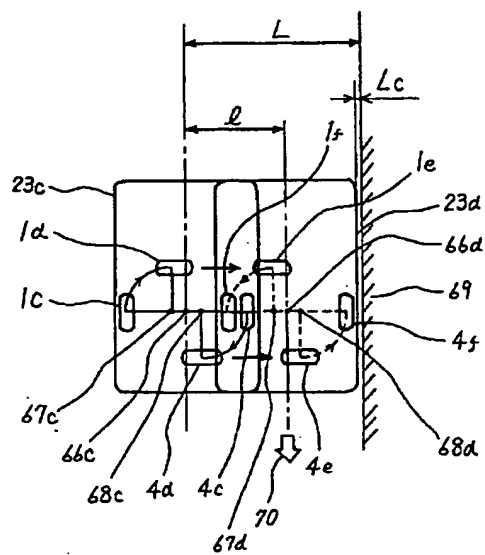
第 7 図



第 8 図



第 9 図



方法である。しかし、この方法では、吸引口ブラシ装置の追加により制御に時間がかかることと、自動掃除機の本体の大変化する事により周囲環境への対応ができにくくなる点について配慮されていなかった。

〔発明が解決しようとする問題点〕

従来技術は、吸引口ブラシ装置とそれを駆動する装置が必要である。そのため、直進あるいはUターン走行で、吸引口ブラシの位置及び駆動のタイミングを考慮したロボットの走行制御と、吸引口ブラシの駆動制御が必要となるので制御が複雑になり、制御に時間が長くなる。かつロボット本体も大型化する。したがって、部屋の壁や障害物を避ける走行の対応性が悪くなる問題があった。

本発明の目的は、従来技術の進行方向に対して横方向に動く吸引口ブラシを設けずに掃除機構を簡単な構成とし、壁ぎわや障害物のぎわへ簡単な走行制御方法で正確に接近でき、壁ぎわや障害物のぎわの掃除あるいは塗装作業などのやり残しをなくすことのできる自走ロボットの走行制御方

法を提供することにある。

〔問題点を解決するための手段〕

上記目的は、自走ロボットが部屋の壁ぎわに近づき、Uターンできなくなった場合、自走ロボットの向きを変えないで、車輪の走行方向だけを90°旋回させ、壁や障害物に向って横に走行させることで達成される。

〔作用〕

自走ロボットが部屋の壁あるいは障害物に近づき、Uターンできなくなった時、ロボットの向きを変えないで、車輪の向きだけ90°旋回させ、壁や障害物に向って横走行させる。この横走行の走行距離は、ロボットの自己位置から部屋の壁あるいは障害物までの距離に応じて変える。したがって、以上の横走行では、Uターンでのロボットの前後先端部の旋回がないので、自走ロボットを壁や障害物にUターンの場合より近づけることができる。

〔実施例〕

以下、本発明の一実施例を、掃除を目的とした自走掃除ロボットの例で、図面により説明する。

・ 3 ・

第3図は、自走掃除ロボットの構成を示す斜視図であり、1は左車輪、2は左車輪駆動モータ、3は左車輪の横走行駆動部、4は右車輪、5は右車輪駆動モータ、6は右車輪の横走行駆動部、7は超音波送受信器、8は回転円板、9は回転円板8の回転軸、10は回転円板に固定されたパラボラアンテナ、11は超音波レーダ回転モータ、12は超音波レーダ用エンコーダ、13はジャイロ、14は掃除機、15はゴミ吸口、16は掃除機モータ、17は測定回路部、18は走行制御部、19は制御用電源、20は駆動用電源、21はロボット本体フレーム、22はキャスタ、23はロボットボディである。

第3図において、ロボット本体フレーム21には、左車輪1、右車輪4が、また前部中央にキャスタ22が設けられている。左車輪1の横走行駆動部3及び右車輪4の横走行駆動部6の詳細図を第4図と第5図に示す。

第4図で、1は前記した左車輪、2は左車輪駆動モータ、4は右車輪、5は右車輪である。24は車輪1及び4を横走行させる車輪旋回モータ、25

・ 4 ・

と26はかさ歯車、27と28はウォーム歯車、29はウォーム歯車軸、30は左車輪駆動かさ歯車、31は右車輪回転用かさ歯車、32は左車輪旋回軸、33は右車輪旋回軸、34は左右車輪が90°旋回したことを検出する旋回スイッチ、35は左右車輪が90°位置に戻ったことを検出する復帰スイッチ、36は車輪旋回の検出カムである。21はこれらの各部を固定あるいは設置した前記ロボット本体フレームである。第4図のAA断面が第5図である。第5図で1は前記左車輪、2は左車輪駆動モータ、21はロボット本体フレーム、27はウォーム歯車、29はウォーム軸、30は左車輪回転用かさ歯車、32は旋回軸、32aは旋回軸の軸心である。36は前記車輪旋回検出カムであり、旋回軸心32aに固定されている。37は車輪駆動軸、38及び39は車輪駆動軸37の上下に固定したかさ歯車、40は左車輪1に固定した歯車、41はウォーム歯車27とかみ合うホイール歯車、43は旋回軸の軸心32aを旋回可能に支持する軸受で本体フレーム21に固定されている。44は、車輪1及び車輪駆動軸37の回転数を計測する左車輪エンコー

・ 5 ・

・ 6 ・

ダ、45は軸37とエンコーダ44の軸を連結する連結部である。右車輪4の横走行部6は第5図の36の検出カムがないだけの同一構成である。

第5図で、左車輪1は、歯車40と車輪駆動用かさ歯車39と車輪駆動軸37と歯車38、30を介し、左車輪駆動モータ2と左車輪用エンコーダ44とに連結され、同様に右車輪4も第5図の構成で第4図の右車輪駆動モータ5とに連結されている。これにより、左車輪1と右車輪4とは別々のモータによって駆動され、これらの車輪の回転数が別々のエンコーダで測定される。

自掃掃除ロボットの壁ぎわへ近づく横走行は、ロボット本体フレーム21及び後で説明するロボットボディ23の向き、いわゆる自走掃除ロボットの進行方向を変えないで、左車輪1及び右車輪4の走向方向を90°旋回させ、横に走行させる。この車輪の90°旋回方法を次に述べる。

この左車輪1及び右車輪4の走行方向の90°旋回は、第4図の車輪旋回モータ24を駆動して行う。車輪旋回モータ24が回転すると、かさ歯車25、26

を介してウォーム軸9を回転し、左右のウォーム歯車27と28同時に回転する。ウォーム歯車27の回転にともない、第5図のウォーム歯車27とかみ合うホイール歯車41が回転し、旋回軸32aが回転し、左車輪1の回転軸BBを形成する旋回軸32が旋回軸32aの軸心CCを軸に旋回する。この旋回方向は右旋回である。第5図では、左車輪1の90°旋回駆動部を示しているが、左車輪4の90°旋回駆動部も第5図と同一構成であり、したがって右車輪4は、左車輪のウォーム歯車27と同時に回転する第4図のウォーム歯車28の回転により軸心CCを軸に旋回する。また左車輪1及び右車輪4の旋回軸32の軸CCを軸とした90°旋回角度は、第5図の旋回軸心32aに固定した検出カム36の回転によって、第4図の検出カム36に接触している旋回スイッチ34がONし、このON信号を第6図の車輪旋回角度検出回路52で検出して、その信号データを中央処理部46に伝達する。中央処理部46では、検出カム36のON信号を入力すると車輪旋回モータ24の駆動を停止して、左右車輪の90°旋回を終る。

. 7 .

ロボット本体フレーム21には、超音波レーダが搭載されている。第1図の超音波レーダ回転モータ11と回転円板8の回転軸9が連結され、11の回転によって回転円板8及びパラボラアンテナ10は回転軸9を中心に回転する。パラボラアンテナ10と超音波送受信器7では、破線で示す指向性の鋭い超音波の送受信を行う。回転軸9には超音波レーダエンコーダ12が連結されており、12によってパラボラアンテナからの超音波の発射方向が検出される。超音波送受信器7から発射された超音波は、部屋の壁や障害物などに当たると反射され、反射超音波のうちのパラボラアンテナ10に帰ってきたものが超音波送受信器で受信され、超音波が発射されてから受信されるまでの時間と超音波レーダエンコーダ12によって検出される超音波の発射方向とから、壁や障害物の位置が測定される。

さらに、ロボット本体フレーム21には、第1図の自走掃除ロボットの進行方向の角度変化を計測するためのジャイロ13、掃除機14、測定回路部17、走行制御部18のための制御用電源19、駆動用電源

. 8 .

20などが搭載されており、超音波レーダの超音波送受信器7、回転円板8、パラボラアンテナ10以外がロボットボディ23で覆われている。掃除機14には、掃除機モータ16とロボット本体フレーム21の幅にほぼ等しい幅のごみ吸口15が設けられ、自走掃除ロボットの走行とともに、ロボット本体フレーム21の幅の塵芥を吸取する。

第6図は、第3図における走行制御系の全体を示すシステムブロック図であり、46は中央処理部(CPU)、47はメモリ、48は超音波レーダ検出回路、49はレーダエンコーダ測定回路、50はジャイロ測定回路、51は車輪エンコーダ測定回路、52は車輪の90°旋回角度検出回路であり、他の部分は第3図、第4図、第5図と同一符号をつけている。

第3図の測定回路部17は、第6図の超音波送受信器7の出力信号を検出する超音波レーダ検出回路48と、超音波レーダエンコーダ12からのデータを測定するレーダエンコーダ測定回路49と、ジャイロ13からのデータを測定するジャイロ測定回路50と、左車輪エンコーダ44および右車輪エンコー

ダ44のデータを測定する車輪エンコーダ測定回路51と、90°旋回スイッチ34及び復帰スイッチ35の信号を検出する車輪旋回角度検出回路とからなる。一方、走行制御部18は、前記中央処理部46とメモリ47とからなる。中央処理部46は、超音波レーダ検出回路48、レーダエンコーダ測定回路49、ジャイロ測定回路50、車輪エンコーダ測定回路51及び車輪旋回角度検出回路52からのデータを周期的に取り込んで自走掃除ロボットの自己位置と部屋の壁や障害物の位置を計算し、この結果をメモリ47に記憶する。この結果に応じて左右車輪駆動モータ2、5と、車輪旋回モータ24と、掃除機モータ16及び超音波レーダ回転モータ11などの制御信号を形成する。

次に以上の自走掃除ロボットの制御方法を示す。この実施例の走行制御は、第7図に示すように、基本的には直進とUターンとを繰り返して走行させ、部屋の壁や障害物にロボットが接近した時に壁や障害物のきわへ横方向に移動させるものである。

. 11 .

タ(パルス数)が出力され、このデータから車輪エンコーダ測定回路51で右車輪4の走行距離が測定される。またジャイロ13からからは、一定時間間隔おきに、自走掃除ロボットの進行方向の角度変化量が測定される。この左右車輪の走行距離と進行方向の角度変化量が中央処理部46に取り込まれ、自己位置座標が計算される。第7図の53は、以上で検出した自己位置座標の軌跡を示したもので、自己位置データはX-Y座標として得られる。このX-Y座標は、自走掃除ロボットが作業を行うために部屋の床面に置かれたときに決まり、その置かれた位置を原点0とし、そのときのロボットの向いている方向をy軸、これに直角方向をx軸とする。ロボットの進行方向のX-Y座標上の角度が、ジャイロ13から測定される角度変化量の累積で計算される。そして一定時間間隔ごとに、自走掃除ロボットの自己位置座標が、前記左右車輪の平均走行距離と、上記進行方向のX-Y座標上の角度の三角関数との、積により次々に計算される。

. 13 .

第1図と第2図は、本発明による自走ロボットの制御方法の実施例を示すフローチャートである。第1図において、自走掃除ロボットの動作開始時には、中央処理部46は、メモリ47の内容をクリアし、掃除機モータ16を起動させて掃除を開始させて、次のステップの自走掃除ロボットをUターンさせるための制御フラグ(以下Uターンフラグという)のリセットと、ロボットを壁や障害物に向かって横に走行(以下横走行という)させるための制御フラグ(以下横走行フラグという)のリセットをする。

次のステップでは、室内での自走掃除ロボットの自己位置が検出される。この自己位置は、一定時間間隔おきに、左車輪エンコーダ44と右車輪エンコーダ44及びジャイロ13の出力信号をもとに測定される。左車輪エンコーダ44から左車輪1の回転速度を表すデータ(パルス数)が出力され、車輪エンコーダ測定回路51でこのデータから左車輪1の走行距離が測定される。同様に、右車輪エンコーダ44から右車輪4の回転速度を表すデ

. 12 .

次のステップでは、壁や障害物の位置が検出される。壁や障害物の位置の測定は、第3図、第6図の超音波レーダのデータを用いて行われる。第3図の超音波送受器7及びパラボラアンテナ10は、ロボット上部で回転しながら、超音波の発射と受信を行っている。したがってパラボラアンテナ10が壁あるいは障害物の超音波発射方向に垂直な面に向いたとき、超音波送受器7で発射された超音波はこの垂直面で反射されて、再びパラボラアンテナ10及び超音波送受器7で受信される。そこで、超音波が超音波送受器7から発射されてから壁や障害物の垂直面で反射され、再び超音波送受器7で受信される往復時間と超音波の速度との積により、自走ロボットの自己位置から壁あるいは障害物までの距離が計測される。また壁あるいは障害物の方向は、超音波レーダエンコーダ12で、パラボラアンテナ10からの超音波の発射及び受波方向の測定により計測される。この壁あるいは障害物の位置座標は、第6図のメモリ47に記憶され、その一例を第7図に示す。第7図は、長

. 14 .

方形の部屋の中で、ロボットが部屋の左下隅から走行を開始して、直進とUターンを繰り返して走行している間に検出した部屋の壁の位置を示したもので、54は左の壁、55は上の壁、56は右の壁、57は手前の壁のデータである。

次のステップでは、以下で得られた自走掃除ロボットと壁もしくは障害物の位置座標をメモリ47に記憶し、壁や障害物の位置関係を表す情景地図を作成し、そこに自走掃除ロボットの走行経路を画く。その1例が第7図である。

次のステップでは、自走掃除ロボットの進行方向に直進走行を阻げる壁もしくは障害物があるかを判定する。先に説明したように、自走掃除ロボットは直進とUターンとを繰り返しながら走行するが、中央処理部46では、進行方向の壁もしくは障害物との間隔を第7図の情景地図とロボットの走行経路をもとに常時監視しており、この間隔がロボットボディ23の前先端寸法近くなったとき、壁もしくは障害物があると判定する。前方に壁もしくは障害物がなければ、ロボットを直進

. 15 .

す。

次のステップでは、Uターン方向及び横走行方向の反転を行う。先に説明したように、自走掃除ロボットは、壁や障害物に近づくまでは直進走行とUターンとを繰り返して走行させ、壁や障害物にロボットが接近した時に、壁や障害物のきわへ横方向に走行させるが、第7図では、軌跡53で示すように、最初のUターン方向は右方向であるが、次のUターンは左方向に行われる。つまりUターンする毎にその方向は右と左に交互に変わり、これによって自走掃除ロボットはY軸方向に往復走行しつつX軸方向に進むことになる。ロボットが壁に接近して横走行をさせる時点第7図の57では、横走行の方向をどちらにするか決定する必要がある、この横走行の方向は、前のUターンでのUターン方向の逆の方向を指定する。すなわち第7図の57の横走行の方向は、前の58でのUターンが左Uターンであるので、その逆の右方向に指定する。前のUターンが右Uターンであれば、横走行の方向は左に指定する。

. 17 .

走行させる。この直進走行は、左車輪モータ2と右車輪モータを同時に回転させ、第5図の歯車30、歯車38、車輪駆動軸37、歯車39、歯車40の順に動力を伝達して、左車輪1及び右車輪4とを駆動することによって行われる。そして前方に壁もしくは障害物があると判定されない限り、直進走行の結合子Bにより処理は、前記ロボットの位置検出、障害物の位置検出、位置データの情景地図へのメモリ、前方障害物有るかの判断及び直進走行指令の動作が繰り返えされ、自走掃除ロボットを直進走行させる。この直進走行中、ロボットの位置座標と壁もしくは障害物の位置座標が検出され、それぞれの位置座標が順次メモリ47に記憶され、メモリ47では第7図に示す情景地図が次第に詳しくなり、そこに自走掃除ロボットの走行経路も画かれる。

直進走行中に、前方に壁もしくは障害物があると判定すると、次のステップで自走掃除ロボットを停止させ、Uターンあるいは横走行であることを示すフラグ(旋回中フラグという)をセットす

. 16 .

次のステップでは、Uターン可能かを判定する。ここで自走掃除ロボットのUターンの方法を第8図で説明する。第8図は右Uターンの例で、1aはUターン前の左車輪、1bはUターン後の左車輪、4aは右車輪、23aはUターン前のロボットボディ、23bはUターン後のロボットボディ、61aは自走掃除ロボット自己位置としている左右車輪の中央点のUターン前の位置、61bはUターン後の自己位置、62aと62bはロボットボディの左前先端部、63aと63bはロボットボディの左後先端部である。右Uターンは、右車輪4aを停止させて、左車輪1aを前進方向に駆動し、ロボットボディ23aを右車輪4aを中心に旋回させる。このUターンを行うことにより、掃除機14のごみ吸口15の幅はロボットボディ23a、23bの幅にほぼ等しいから、Uターン前後の掃除範囲はEaだけオーバーラップする。このUターンは、ロボットボディ23a、23bの先端から車輪軸までの距離と、右車輪4aを中心にしたロボットボディの前先端部62a、62b及び後先端部63a、63bの回転範囲で決まる領域 a_1, b_1, c_1, d_1 内

. 18 .

に壁や障害物がない時に可能である。Uターン可能であれば、Uターン走行を指令するUターンフラグをセットし、処理をBに戻す。Uターン中は、第1図のロボット位置座標の検出、障害物の位置検出、位置データの情景地図へのメモリ、次の旋回中かの判断YES、旋回走行終りかの判断NO、結合子Bへ戻る動作を繰り返す。Uターンが終了、上記旋回走行終りかの判断はYESとなり、つづいて旋回中フラグがリセットされ、前記直進走行の動作に移り、第8図の矢印65の方向に再び直進走行させる。以上のUターンの場合、壁64のきわに幅E₀の掃除残りが生じる。

前ステップのUターン可能かの判断で、壁もしくは障害物が第8図の前記領域 a_1, b_1, c_1, d_1 に有り、Uターンできない場合、次のステップの壁や障害物に向って横走行の動作に移る。ここで横走行の動作を説明する。第9図は、右側に横走行する例であり、1_aは横走行前の左車輪、1_dは横走行させるために車輪のみ90°右旋回させた後の左車輪、1_fは壁69に向って横走行後の左車輪、1_fは壁に接近

した後車輪のみ逆に90°左旋回させて車輪の走行方向を横走行前と同じロボットの進行方向に戻した後の左車輪、4_cは横走行前の右車輪、4_dは横走行させるために車輪のみ90°右旋回させた後の右車輪、4_fは壁69に向って横走行後の右車輪、4_fは壁に接近した後車輪のみ逆に90°左旋回させて走行方向を横走行前と同じ方向に戻した後の右車輪、23_cは横走行前のロボットボディ、23_dは横走行で壁69に接近した後のロボットボディ、67_cと67_dは第5図の左車輪の旋回軸32_aの軸心CCの横走行前と壁接近後の位置、68_cと68_dは右車輪の旋回軸の軸心CCの横走行前と壁接近後の位置、66_cはこの自走掃除ロボットの自己位置と考えている位置で、上記左車輪の旋回軸心67_cと右車輪の旋回軸心68_cの中央点である。この66_cはまた第1図の超音波レーダのパラボラアンテナ10の回転軸9の回転軸心と一致させて、自己位置座標と壁もしくは障害物の検知位置とを関連させている。66_dは同様に壁接近後の左右車輪の旋回軸心67_dと68_dの中央点である。69は部屋の壁である。横走行の

. 19 .

動作は、まず左車輪1_cと右車輪4_cを、ロボットボディ23_cの向きを変えないで、1_dと4_dまで軸心67_c、68_cを中心にそれぞれ90°右旋回させる。左右車輪の90°旋回方法は、前に説明したように、第4図の車輪旋回モータ24を駆動し、第5図の旋回軸32を旋回させて行い、旋回角度90°の検出は検出カム38と旋回スイッチ34で検出する。

次にロボットの自己位置の点66_cから壁69までの距離Lを第7図の情景地図の右側の壁56のデータから計算する。その壁までの距離Lに応じて、第9図の左車輪1_dと右車輪4_dを1_fと4_fまで、距離 δ だけ壁69に向って横に走行させる。この横走行によりロボットボディ23_dを壁69にL₀まで接近させる。次に左車輪1_fと右車輪4_fを1_eと4_eまで、前記90°右旋回とは逆に、90°左旋回させて、左右車輪の走行方向を、横走行前の状態に戻す。つづいて左車輪1_eと4_eは、ロボットボディ23_dが壁69に沿うように後退させる。その後退走行は、第7図の59から60に示すように後方に壁58もしくは障害物が検知されるまで行われる。

. 21 .

. 20 .

以上が横走行の動作であるが、横走行に入る前に上記の横走行の走行距離 δ を決定しなければならない。そこで第1図のフローチャートに戻るが、前ステップのUターン可能かの判断でUターンできないと判定された場合、次のステップで横走行可能かの判断と横走行距離の決定を行う。この横走行距離 δ の演算方法を第2図に示し、第2図は第1図の横走行距離の決定という処理のサブルーチンである。第2図で、L及び δ は長さを表し、Lは第7図の57、第9図の66_cで示す自走掃除ロボットの自己位置点から部屋の壁までの距離を、L₀は第8図のUターン可能な壁までの距離の最小距離、L₀ δ は第8図のロボットボディ23の幅から前に説明した掃除のオーバーラップ幅E₀を差し引いた長さ、L₀は第9図の横走行させた後のロボットボディ23_dと壁とのすきま幅、 δ は横走行させるべき走行距離をそれぞれ示す。

第2図において、横走行の走行距離 δ は、自走掃除ロボットの自己位置から壁までの距離Lに応じて、LがL₀<L \leq L₀の範囲の場合は、ロボット

. 22 .

ボディ23の幅から掃除のオーバーラップ幅 E_b を引いた長さ $3L_b$ に決定される。また壁までの距離 L が、 $L_0 < L \leq L_b$ の範囲の場合は、走行距離 δ は、壁までの距離 L から横走行後のロボットボディと壁とのすきま幅 L_0 を引いた長さ $L - L_0$ に決定される。さらに壁までの距離 L が $L < L_0$ の場合、横走行はできないと判断して次の走行距離 δ を $\delta = 0$ にする。横走行可能ならば、次に横走行を指令するフラグ（横走行フラグという）をセットし、結合子Bに戻る。

横走行中は、第1図のロボット位置座標の検出、障害物の位置検出、位置データの情景地図へのメモリ、次の旋回中フラグ有るかの判断 y_{ss} 、旋回走行終りかの判断NO、結合子Bへ戻るの動作を繰り返す。

横走行は、第7図に示すメモリ内の情景地図では57から59まで壁56に向って横に走行し、つづいて壁56に沿って59から60まで後退走行する。

横走行の終ると第1図の旋回走行終りかの判断が y_{ss} となり、次の旋回中フラグをリセットして

. 23 .

以上のように、この実施例では、自走掃除ロボットを壁ぎわや障害物のきわ（第9図の L_0 ）まで簡単かつ正確に接近させることができ、壁や障害物のきわの掃除のやり残しをなくすることができる。また実施例では、横走行で左右車輪の旋回と回転という簡単な駆動制御だけで済み、従来のような吸引口ブラシの操作制御や吸引口を出したことによるロボットの外形形状の変化を考慮した走行制御をしなくてもよく、走行方法の判断や決定に要する時間を短縮でき、かつ吸引口ブラシの駆動装置が不要であるのでロボットボディも小形化できる。したがって、超音波レーダで得られるまわりの壁や障害物の位置データ及び情景地図データの変化にすばやく対応できることになる。

なお、第1図、第2図、第7図～第9図では、壁について説明したが、障害物であっても同様である。また、上記実施例では、自走ロボットとして掃除機を搭載したものとしたが、塗装を行うなどの他の作業を行うものであってもよいことは明らかである。

. 25 .

結合子Bに戻る。

横走行が終り、第7図の60の点に達すると、もはやUターンや後退ができなくなり、かつ前方はすでに59から60の走行で掃除がすんでいるので直進走行の必要もない。したがって第1図の処理は、前方に障害物があるかの判断が y_{ss} （第7図の走行経路53, 57, 59, 60は障害物の1つと見なす）、Uターン可能かはNO、横走行可能かはNOと進み、次のステップで、掃除終りかを判定する。

この判定は、第6図のメモリ47に形成された第7図の例で示す情景地図と自走掃除ロボットが走行した経路とから未掃除エリアを探すことによって行われる。第7図の場合には、掃除が終ったものと判定されるが、室内に障害物があったり部屋が四角形でない場合などに、未掃除エリアが存在する場合がある。未掃除エリアが見つかり、自走掃除ロボットをその未掃除エリアに走行させ、つづいて処理を結合子Aに戻し、未掃除エリアに対して上記の直進、Uターン、横走行等の動作が行われる。

. 24 .

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、自走ロボットを壁ぎわや障害物のきわまで簡単かつ正確に接近させることができる効果がある。

また自走ロボットに設置される掃除機及び塗装装置などの作業機器を制御する必要がなく、車輪のみ走行制御だけでよいので制御の簡略化ができ、かつ作業機器の機構部や駆動部の簡略化され自走ロボットの小型化も図れる。これら制御の簡略化と作業機器の簡略化及び自走ロボットの小型化により、自走ロボットの走行方法の判断や決定を迅速に行うことができ、部屋の壁や障害物に対応して自走ロボットの動作変化を迅速に行え、作業時間を大幅に短縮できる効果がある。

4 図面の簡単な説明

第1図と第2図は本発明による自走ロボットの走行制御方法の一実施例を示すフローチャート、第3図は自走ロボットの一具体例を示す構成図、第4図と第5図は本発明の車輪駆動装置の一実施例を示す構成図、第6図は第3図、第4図、第5

. 26 .

図に示した自走ロボットにおける走行制御系全体を示すシステムブロック図、第7図は自走ロボットの制御装置で認識される情景地図データを示す説明図、第8図は自走ロボットのUターン方法を示す説明図、第9図は本発明の自走ロボットの走行方法を示す説明図である。

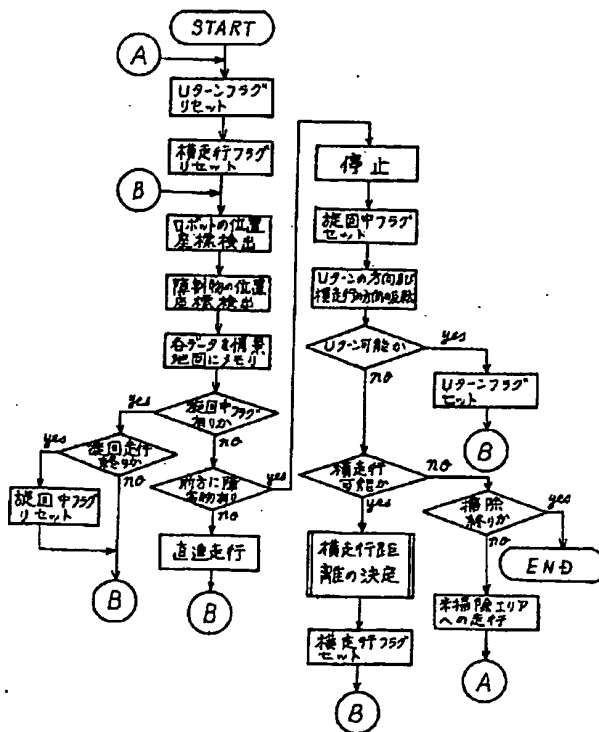
- 1, 1a~1f … 左車輪、 2 … 左車輪モータ、
 3, 6 … 横走行駆動部、 4, 4a~4f … 右車輪、
 5 … 右車輪モータ、 7 … 超音波送受信器、
 10 … バラボラアンテナ、
 12 … 超音波レーダエンコーダ、
 13 … ジャイロ、 14 … 掃除機、
 15 … ごみ吸口、 17 … 測定回路部、
 18 … 走行制御部、
 21 … ロボット本体フレーム、
 24 … 車輪旋回モータ、 27, 28 … ウォーム歯車、
 29 … ウォーム軸、 32 … 車輪旋回軸、
 32a … 旋回軸心、 34 … 旋回スイッチ、
 35 … 復帰スイッチ、
 36 … 車輪旋回角度の検出カム、

- 37 … 車輪駆動軸、
 30, 38, 39, 40 … かさ歯車、
 44, 44a … 車輪エンコーダ、
 46 … 中央処理部、
 52 … 車輪旋回角度検出回路。

代理人弁理士 小 川 勝 男

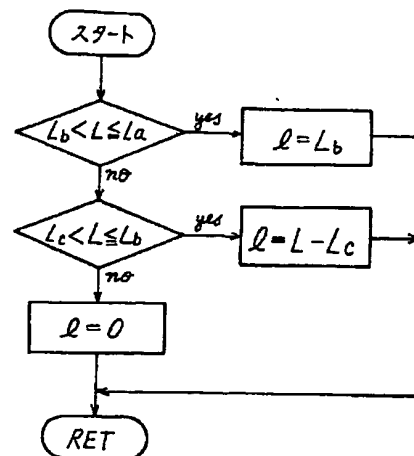
・ 27 ・

第 1 図

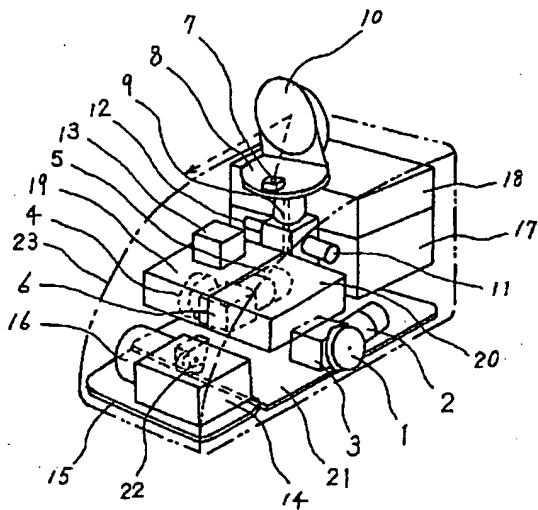


・ 28 ・

第 2 図

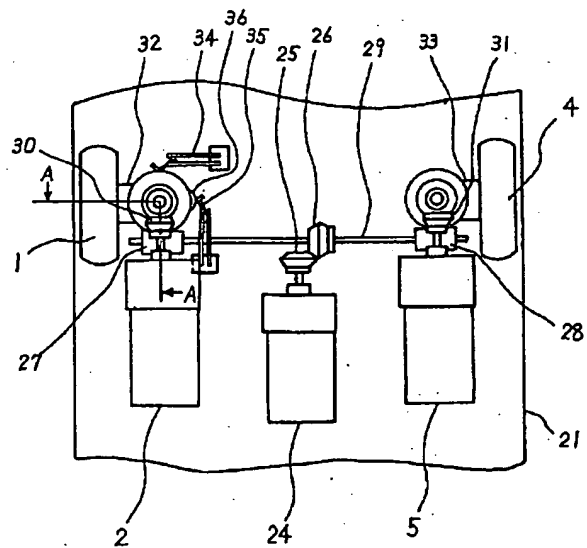


第 3 図

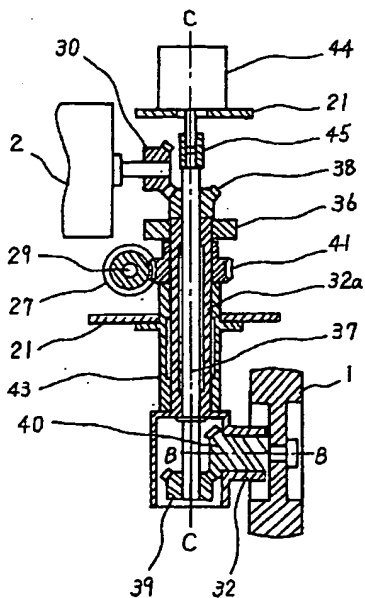


- 1 左車輪 6 横走行駆動部 14 掃除機
3 横走行駆動部 7 超音波送受信器 17 測定回路部
4 右車輪 13 シャイロ 18 走行制御部

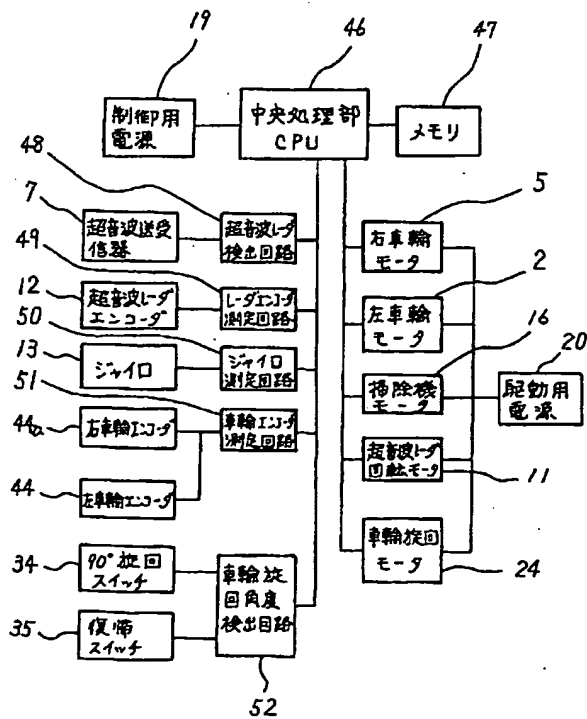
第 4 図



第 5 図



第 6 図



⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-241610

⑬ Int. Cl.⁴

G 05 D 1/02
A 47 L 9/28

識別記号

庁内整理番号

G-8527-5H
A-6864-3B

⑭ 公開 昭和63年(1988)10月6日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全10頁)

⑮ 発明の名称 自走ロボットの走行制御方法

⑯ 特 願 昭62-74018

⑰ 出 願 昭62(1987)3月30日

⑱ 発 明 者 小 笠 原 均 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所家電研究所内

⑲ 発 明 者 小 畑 征 夫 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所家電研究所内

⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉑ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

明 細 書

1 発明の名称

自走ロボットの走行制御方法

2 特許請求の範囲

1. 自走ロボット本体の向きを変化させないで車輪を旋回させる車輪旋回駆動装置と、この車輪旋回角度を測定する旋回角度測定装置と、車輪の走行距離測定装置と、走行方向を測定する方向測定装置と、超音波によって物体までの距離および方向を測定する超音波物体検知装置と、前記走行距離測定装置と方向測定装置とから得られる自己位置座標と超音波物体検知装置から得られる物体の位置座標とを記憶する記憶装置と、この記憶装置のデータをもとに前記車輪旋回駆動装置を制御する制御装置とを備えた自走ロボットにおいて、自走ロボットが部屋の壁あるいは障害物などの物体に近づいた場合に、自走ロボット本体の向きを変化させないで、前記車輪旋回駆動装置を前記旋回角度測定装置での測定角度をもとに90°旋回させて車輪の走行方向

を自走ロボット本体の向きに対して直角方向に向け、この車輪を、前記記憶装置に記憶されている自走ロボットの自己位置座標データと障害物などの物体の位置座標データをもとに、自己位置から物体までの距離に応じた距離だけ走行させ、自走ロボット本体を部屋の壁や障害物などの物体に向って横方向に接近させることを特徴とした自走ロボットの走行制御方法。

3 発明の詳細な説明

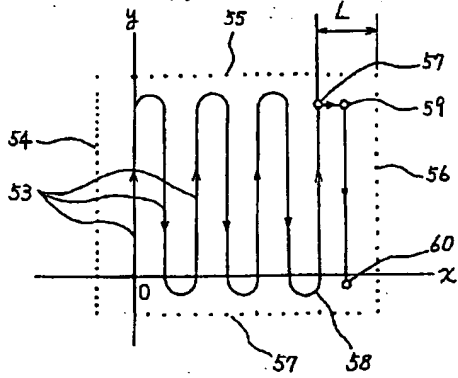
〔産業上の利用分野〕

本発明は、自走ロボットに係り、特に部屋の壁ぎわ、あるいは障害物体のきわまで自走ロボットを接近させることに適した自走ロボットの走行制御方法に関する。

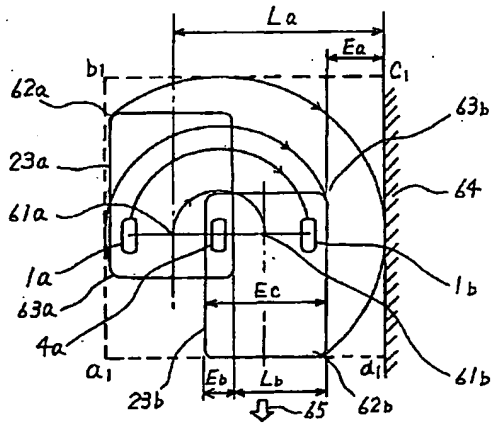
〔従来の技術〕

部屋の壁ぎわの掃除をする方法として、例えば特開昭55-97608号公報に示されるように、進行方向に対して左右に移動可能な吸引口ブラシを設け、横方向へ1ピッチ移動できないときは、吸引口ブラシのみ横方向に必要な間隔だけ移動させる

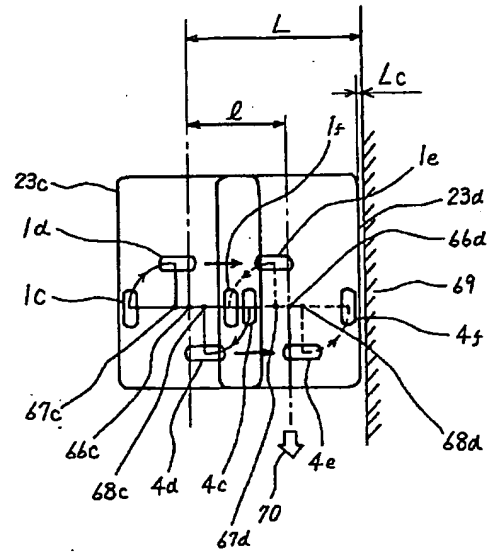
第 7 図



第 8 図



第 9 図



方法である。しかし、この方法では、吸引ロブラシ装置の追加により制御に時間がかかることと、自動掃除機の本体の大型化することにより周囲環境への対応ができにくくなる点について配慮されていなかった。

〔発明が解決しようとする問題点〕

従来技術は、吸引ロブラシ装置とそれを駆動する装置が必要である。そのため、直進あるいはUターン走行で、吸引ロブラシの位置及び駆動のタイミングを考慮したロボットの走行制御と、吸引ロブラシの駆動制御が必要となるので制御が複雑になり、制御に時間が長くなる。かつロボット本体も大型化する。したがって、部屋の壁や障害物を避ける走行の対応性が悪くなる問題があった。

本発明の目的は、従来技術の進行方向に対して横方向に動く吸引ロブラシを設けずに掃除機構を簡単な構成とし、壁ぎわや障害物のぎわへ簡単な走行制御方法で正確に接近でき、壁ぎわや障害物のきわの掃除あるいは塗装作業などのやり残しをなくすことのできる自走ロボットの走行制御方

法を提供することにある。

〔問題点を解決するための手段〕

上記目的は、自走ロボットが部屋の壁ぎわに近づき、Uターンできなくなった場合、自走ロボットの向きを変えないで、車輪の走行方向だけを90°旋回させ、壁や障害物に向って横に走行させることで達成される。

〔作用〕

自走ロボットが部屋の壁あるいは障害物に近づき、Uターンできなくなった時、ロボットの向きを変えないで、車輪の向きだけ90°旋回させ、壁や障害物に向って横走行させる。この横走行の走行距離は、ロボットの自己位置から部屋の壁あるいは障害物までの距離に応じて変える。したがって、以上の横走行では、Uターンでのロボットの前後先端部の旋回がないので、自走ロボットを壁や障害物にUターンの場合より近づけることができる。

〔実施例〕

以下、本発明の一実施例を、掃除を目的とした自走掃除ロボットの例で、図面により説明する。

・ 3 ・

第3図は、自走掃除ロボットの構成を示す斜視図であり、1は左車輪、2は左車輪駆動モータ、3は左車輪の横走行駆動部、4は右車輪、5は右車輪駆動モータ、6は右車輪の横走行駆動部、7は超音波送受信器、8は回転円板、9は回転円板8の回転軸、10は回転円板に固定されたパラボラアンテナ、11は超音波レーダ回転モータ、12は超音波レーダ用エンコーダ、13はジャイロ、14は掃除機、15はゴミ吸口、16は掃除機モータ、17は測定回路部、18は走行制御部、19は制御用電源、20は駆動用電源、21はロボット本体フレーム、22はキャスト、23はロボットボディである。

第3図において、ロボット本体フレーム21には、左車輪1、右車輪4が、また前部中央にキャスト22が設けられている。左車輪1の横走行駆動部3及び右車輪4の横走行駆動部6の詳細図を第4図と第5図に示す。

第4図で、1は前記した左車輪、2は左車輪駆動モータ、4は右車輪、5は右車輪である。24は車輪1及び4を横走行させる車輪旋回モータ、25

・ 4 ・

と26はかさ歯車、27と28はウォーム歯車、29はウォーム歯車軸、30は左車輪駆動かさ歯車、31は右車輪回転用かさ歯車、32は左車輪旋回軸、33は右車輪旋回軸、34は左右車輪が90°旋回したことを検出する旋回スイッチ、35は左右車輪が90°位置に戻ったことを検出する復帰スイッチ、36は車輪旋回の検出カムである。21はこれらの各部を固定あるいは設置した前記ロボット本体フレームである。第4図のAA断面が第5図である。第5図で1は前記左車輪、2は左車輪駆動モータ、21はロボット本体フレーム、27はウォーム歯車、29はウォーム軸、30は左車輪回転用かさ歯車、32は旋回軸、32aは旋回軸の軸心である。36は前記車輪旋回検出カムであり、旋回軸心32aに固定されている。37は車輪駆動軸、38及び39は車輪駆動軸37の上下に固定したかさ歯車、40は左車輪1に固定した歯車、41はウォーム歯車27とかみ合うホイール歯車、43は旋回軸の軸心32aを旋回可能に支持する軸受で本体フレーム21に固定されている。44は、車輪1及び車輪駆動軸37の回転数を計測する左車輪エンコー

・ 5 ・

・ 6 ・

ダ、45は軸37とエンコーダ44の軸を連結する連結部である。右車輪4の横走行部6は第5図の36の検出カムがないだけの同一構成である。

第5図で、左車輪1は、歯車40と車輪駆動用かさ歯車39と車輪駆動軸37と歯車38、30を介し、左車輪駆動モータ2と左車輪用エンコーダ44とに連結され、同様に右車輪4も第5図の構成で第4図の右車輪駆動モータ5とに連結されている。これにより、左車輪1と右車輪4とは別々のモータによって駆動され、これらの車輪の回転数が別々のエンコーダで測定される。

自掃掃除ロボットの壁ぎわへ近づく横走行は、ロボット本体フレーム21及び後で説明するロボットボディ23の向き、いわゆる自走掃除ロボットの進行方向を変えないで、左車輪1及び右車輪4の走向方向を90°旋回させ、横に走行させる。この車輪の90°旋回方法を次に述べる。

この左車輪1及び右車輪4の走行方向の90°旋回は、第4図の車輪旋回モータ24を駆動して行う。車輪旋回モータ24が回転すると、かさ歯車25、26

を介してウォーム軸9を回転し、左右のウォーム歯車27と28同時に回転する。ウォーム歯車27の回転にともない、第5図のウォーム歯車27とかみ合うホイール歯車41が回転し、旋回軸32aが回転し、左車輪1の回転軸BBを形成する旋回軸32が旋回軸32aの軸心CCを軸に旋回する。この旋回方向は右旋回である。第5図では、左車輪1の90°旋回駆動部を示しているが、左車輪4の90°旋回駆動部も第5図と同一構成であり、したがって右車輪4は、左車輪のウォーム歯車27と同時に回転する第4図のウォーム歯車28の回転により軸心CCを軸に旋回する。また左車輪1及び右車輪4の旋回軸32の軸CCを軸とした90°旋回角度は、第5図の旋回軸心32aに固定した検出カム36の回転によって、第4図の検出カム36に接触している旋回スイッチ34がONし、このON信号を第6図の車輪旋回角度検出回路52で検出して、その信号データを中央処理部46に伝達する。中央処理部46では、検出カム36のON信号を入力すると車輪旋回モータ24の駆動を停止して、左右車輪の90°旋回を終る。

. 7 .

ロボット本体フレーム21には、超音波レーダが搭載されている。第1図の超音波レーダ回転モータ11と回転円板8の回転軸9が連結され、11の回転によって回転円板8及びパラボラアンテナ10は回転軸9を中心に回転する。パラボラアンテナ10と超音波送受信器7では、破線で示す指向性の鋭い超音波の送受信を行う。回転軸9には超音波レーダエンコーダ12が連結されており、12によってパラボラアンテナからの超音波の発射方向が検出される。超音波送受信器7から発射された超音波は、部屋の壁や障害物などに当たると反射され、反射超音波のうちのパラボラアンテナ10に帰ってきたものが超音波送受信器で受信され、超音波が発射されてから受信されるまでの時間と超音波レーダエンコーダ12によって検出される超音波の発射方向とから、壁や障害物の位置が測定される。

さらに、ロボット本体フレーム21には、第1図の自走掃除ロボットの進行方向の角度変化を計測するためのジャイロ13、掃除機14、測定回路部17、走行制御部18のための制御用電源19、駆動用電源

. 8 .

20などが搭載されており、超音波レーダの超音波送受信器7、回転円板8、パラボラアンテナ10以外がロボットボディ23で覆われている。掃除機14には、掃除機モータ16とロボット本体フレーム21の幅にはほぼ等しい幅のごみ吸口15が設けられ、自走掃除ロボットの走行とともに、ロボット本体フレーム21の幅の塵芥を吸収する。

第6図は、第3図における走行制御系の全体を示すシステムブロック図であり、46は中央処理部(CPU)、47はメモリ、48は超音波レーダ検出回路、49はレーダエンコーダ測定回路、50はジャイロ測定回路、51は車輪エンコーダ測定回路、52は車輪の90°旋回角度検出回路であり、他の部分は第3図、第4図、第5図と同一符号をつけている。

第3図の測定回路部17は、第6図の超音波送受信器7の出力信号を検出する超音波レーダ検出回路48と、超音波レーダエンコーダ12からのデータを測定するレーダエンコーダ測定回路49と、ジャイロ13からのデータを測定するジャイロ測定回路50と、左車輪エンコーダ44および右車輪エンコー

. 9 .

-61-

. 10 .

ダ44aのデータを測定する車輪エンコーダ測定回路51と、90°旋回スイッチ34及び復帰スイッチ35の信号を検出する車輪旋回角度検出回路とからなる。一方、走行制御部18は、前記中央処理部46とメモリ47とからなる。中央処理部46は、超音波レーダ検出回路48、レーダエンコーダ測定回路49、ジャイロ測定回路50、車輪エンコーダ測定回路51及び車輪旋回角度検出回路52からのデータを周期的に取り込んで自走掃除ロボットの自己位置と部屋の壁や障害物の位置を計算し、この結果をメモリ47に記憶する。この結果に応じて左右車輪駆動モータ2、5と、車輪旋回モータ24と、掃除機モータ16及び超音波レーダ回転モータ11などの制御信号を形成する。

次に以上の自走掃除ロボットの制御方法を示す。この実施例の走行制御は、第7図に示すように、基本的には直進とUターンとを繰り返して走行させ、部屋の壁や障害物にロボットが接近した時に壁や障害物のきわめ横方向に移動させるものである。

. 11 .

タ(パルス数)が出力され、このデータから車輪エンコーダ測定回路51で右車輪4の走行距離が測定される。またジャイロ13からからは、一定時間隔おきに、自走掃除ロボットの進行方向の角度変化量が測定される。この左右車輪の走行距離と進行方向の角度変化量が中央処理部46に取り込まれ、自己位置座標が計算される。第7図の53は、以上で検出した自己位置座標の軌跡を示したもので、自己位置データはX-Y座標として得られる。このX-Y座標は、自走掃除ロボットが作業を行うために部屋の床面に置かれたときに決まり、その置かれた位置を原点0とし、そのときのロボットの向いている方向をY軸、これに直角方向をX軸とする。ロボットの進行方向のX-Y座標上の角度が、ジャイロ13から測定される角度変化量の果積で計算される。そして一定時間間隔ごとに、自走掃除ロボットの自己位置座標が、前記左右車輪の平均走行距離と、上記進行方向のX-Y座標上の角度の三角関数との、積により次々に計算される。

. 13 .

第1図と第2図は、本発明による自走ロボットの制御方法の実施例を示すフローチャートである。第1図において、自走掃除ロボットの動作開始時には、中央処理部46は、メモリ47の内容をクリアし、掃除機モータ16を起動させて掃除を開始させて、次のステップの自走掃除ロボットをUターンさせるための制御フラグ(以下Uターンフラグという)のリセットと、ロボットを壁や障害物に向かって横に走行(以下横走行という)させるための制御フラグ(以下横走行フラグという)のリセットをする。

次のステップでは、室内での自走掃除ロボットの自己位置が検出される。この自己位置は、一定時間間隔おきに、左車輪エンコーダ44と右車輪エンコーダ44a及びジャイロ13の出力信号をもとに測定される。左車輪エンコーダ44から左車輪1の回転速度を表すデータ(パルス数)が出力され、車輪エンコーダ測定回路51でこのデータから左車輪1の走行距離が測定される。同様に、右車輪エンコーダ44aから右車輪4の回転速度を表すデー

. 12 .

次のステップでは、壁や障害物の位置が検出される。壁や障害物の位置の測定は、第3図、第6図の超音波レーダのデータを用いて行われる。第3図の超音波送受信器7及びパラボラアンテナ10は、ロボット上部で回転しながら、超音波の発射と受信を行っている。したがってパラボラアンテナ10が壁あるいは障害物の超音波発射方向に垂直な面に向いたとき、超音波送受信器7で発射された超音波はこの垂直面で反射されて、再びパラボラアンテナ10及び超音波送受信器7で受信される。そこで、超音波が超音波送受信器7から発射されてから壁や障害物の垂直面で反射され、再び超音波送受信器7で受信される往復時間と超音波の速度との積により、自走ロボットの自己位置から壁あるいは障害物までの距離が計測される。また壁あるいは障害物の方向は、超音波レーダエンコーダ12で、パラボラアンテナ10からの超音波の発射及び受波方向の測定により計測される。この壁あるいは障害物の位置座標は、第6図のメモリ47に記憶され、その一例を第7図に示す。第7図は、長

. 14 .

方形の部屋の中で、ロボットが部屋の左下隅から走行を開始して、直進とUターンを繰り返して走行している間に検出した部屋の壁の位置を示したもので、54は左の壁、55は上の壁、56は右の壁、57は手前の壁のデータである。

次のステップでは、以下で得られた自走掃除ロボットと壁もしくは障害物の位置座標をメモリ47に記憶し、壁や障害物の位置関係を表す情景地図を作成し、そこに自走掃除ロボットの走行経路を画く。その1例が第7図である。

次のステップでは、自走掃除ロボットの進行方向に直進走行を阻げる壁もしくは障害物があるかを判定する。先に説明したように、自走掃除ロボットは直進とUターンとを繰り返しながら走行するが、中央処理部46では、進行方向の壁もしくは障害物との間隔を第7図の情景地図とロボットの走行経路をもとに常時監視しており、この間隔がロボットボディ23の前先端寸法近くなったとき、壁もしくは障害物があると判定する。前方に壁もしくは障害物がなければ、ロボットを直進

・ 15 ・

す。

次のステップでは、Uターン方向及び横走行方向の反転を行う。先に説明したように、自走掃除ロボットは、壁や障害物に近づくまでは直進走行とUターンとを繰り返して走行させ、壁や障害物にロボットが接近した時に、壁や障害物のきわへ横方向に走行させるが、第7図では、軌跡53で示すように、最初のUターン方向は右方向であるが、次のUターンは左方向に行われる。つまりUターンする毎にその方向は右と左に交互に変わり、これによって自走掃除ロボットは γ 軸方向に往復走行しつつ α 軸方向に進むことになる。ロボットが壁に接近して横走行をさせる時点第7図の57では、横走行の方向をどちらにするか決定する必要がある、この横走行の方向は、前のUターンでのUターン方向の逆の方向を指定する。すなわち第7図の57の横走行の方向は、前の58でのUターンが左Uターンであるので、その逆の右方向に指定する。前のUターンが右Uターンであれば、横走行の方向は左に指定する。

・ 17 ・

走行させる。この直進走行は、左車輪モータ2と右車輪モータを同時に回転させ、第5図の歯車30、歯車38、車輪駆動軸37、歯車39、歯車40の順に動力を伝達して、左車輪1及び右車輪4とを駆動することによって行われる。そして前方に壁もしくは障害物があると判定されない限り、直進走行の結合子Bにより処理は、前記ロボットの位置検出、障害物の位置検出、位置データの情景地図へのメモリ、前方障害物有るかの判断及び直進走行指令の動作が繰り返えされ、自走掃除ロボットを直進走行させる。この直進走行中、ロボットの位置座標と壁もしくは障害物の位置座標が検出され、それぞれの位置座標が順次メモリ47に記憶され、メモリ47では第7図に示す情景地図が次第に詳しくなり、そこに自走掃除ロボットの走行経路も画かれる。

直進走行中に、前方に壁もしくは障害物があると判定すると、次のステップで自走掃除ロボットを停止させ、Uターンあるいは横走行であることを示すフラグ(旋回中フラグという)をセットす

・ 16 ・

次のステップでは、Uターン可能かを判定する。ここで自走掃除ロボットのUターンの方法を第8図で説明する。第8図は右Uターンの例で、1aはUターン前の左車輪、1bはUターン後の左車輪、4aは右車輪、23aはUターン前のロボットボディ、23bはUターン後のロボットボディ、61aは自走掃除ロボット自己位置としている左右車輪の中央点のUターン前の位置、61bはUターン後の自己位置、62aと62bはロボットボディの左前先端部、63aと63bはロボットボディの左後先端部である。右Uターンは、右車輪4aを停止させて、左車輪1aを前進方向に駆動し、ロボットボディ23aを右車輪4aを中心に旋回させる。このUターンを行うことにより、掃除機14のごみ吸口15の幅はロボットボディ23a、23bの幅にほぼ等しいから、Uターン前後の掃除範囲はEaだけオーバーラップする。このUターンは、ロボットボディ23a、23bの先端から車輪軸までの距離と、右車輪4aを中心にしたロボットボディの前先端部62a、62b及び後先端部63a、63bの回転範囲で決まる領域 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 内

・ 18 ・

に壁や障害物がない時に可能である。Uターン可能であれば、Uターン走行を指令するUターンフラグをセットし、処理をBに戻す。Uターン中は、第1図のロボット位置座標の検出、障害物の位置検出、位置データの情景地図へのメモリ、次の旋回中かの判断YES、旋回走行終りかの判断NO、結合子Bへ戻る動作を繰り返す。Uターンが終了後、上記旋回走行終りかの判断はYESとなり、つづいて旋回中フラグがリセットされ、前記直進走行の動作に移り、第8図の矢印65の方向に再び直進走行させる。以上のUターンの場合、壁64のきわに幅Eaの掃除残りが生じる。

前ステップのUターン可能かの判断で、壁もしくは障害物が第8図の前記領域 a_1, b_1, c_1, d_1 に有り、Uターンできない場合、次のステップの壁や障害物に向って横走行の動作に移る。ここで横走行の動作を説明する。第9図は、右側に横走行する例であり、1cは横走行前の左車輪、1dは横走行させるために車輪のみ90°右旋回させた後の左車輪、1eは壁69に向って横走行後の左車輪、1fは壁に接近

した後車輪のみ逆90°左旋回させて車輪の走行方向を横走行前と同じロボットの進行方向に戻した後の左車輪、4cは横走行前の右車輪、4dは横走行させるために車輪のみ90°右旋回させた後の右車輪、4eは壁69に向って横走行後の右車輪、4fは壁に接近した後車輪のみ逆90°左旋回させて走行方向を横走行前と同じ方向に戻した後の右車輪、23cは横走行前のロボットボディ、23dは横走行で壁69に接近した後のロボットボディ、67cと67dは第5図の左車輪の旋回軸32aの軸心CCの横走行前と壁接近後の位置、68cと68dは右車輪の旋回軸の軸心CCの横走行前と壁接近後の位置、66cはこの自走掃除ロボットの自己位置と考えている位置で、上記左車輪の旋回軸心67cと右車輪の旋回軸心68cの中央点である。この66cはまた第1図の超音波レーダのパラボラアンテナ10の回転軸9の回転軸心と一致させて、自己位置座標と壁もしくは障害物の検知位置とを関連させている。66dは同様に壁接近後の左右車輪の旋回軸心67dと68dの中央点である。69は部屋の壁である。横走行の

. 19 .

. 20 .

動作は、まず左車輪1cと右車輪4cを、ロボットボディ23cの向きを変えないで、1dと4dまで軸心67c、68cを中心にそれぞれ90°右旋回させる。左右車輪の90°旋回方法は、前に説明したように、第4図の車輪旋回モータ24を駆動し、第5図の旋回軸32を旋回させて行い、旋回角度90°の検出は検出カム36と旋回スイッチ34で検出する。

次にロボットの自己位置の点66cから壁69までの距離Lを第7図の情景地図の右側の壁56のデータから計算する。その壁までの距離Lに応じて、第9図の左車輪1dと右車輪4dを1eと4eまで、距離 δ だけ壁69に向って横に走行させる。この横走行によりロボットボディ23dを壁69にLeまで接近させる。次に左車輪1eと右車輪4eを1fと4fまで、前記90°右旋回とは逆に、90°左旋回させて、左右車輪の走行方向を、横走行前の状態に戻す。つづいて左車輪1fと4fは、ロボットボディ23dが壁69に沿うように後退させる。その後退走行は、第7図の59から60に示すように後方に壁58もしくは障害物が検知されるまで行われる。

以上が横走行の動作であるが、横走行に入る前に上記の横走行の走行距離 δ を決定しなければならない。そこで第1図のフローチャートに戻るが、前ステップのUターン可能かの判断でUターンできないと判定された場合、次のステップで横走行可能かの判断と横走行距離の決定を行う。この横走行距離 δ の演算方法を第2図に示し、第2図は第1図の横走行距離の決定という処理のサブルーチンである。第2図で、L及び δ は長さを表し、Lは第7図の57、第9図の66cで示す自走掃除ロボットの自己位置点から部屋の壁までの距離を、Leは第8図のUターン可能な壁までの距離の最小距離、Lbは第8図のロボットボディ23の幅から前に説明した掃除のオーバーラップ幅Ebを差し引いた長さ、Lcは第9図の横走行させた後のロボットボディ23dと壁とのすきま幅、 δ は横走行させるべき走行距離をそれぞれ示す。

第2図において、横走行の走行距離 δ は、自走掃除ロボットの自己位置から壁までの距離Lに応じて、Lが $Lb < L \leq Le$ の範囲の場合は、ロボット

. 21 .

—64—

. 22 .

ボディ23の幅から掃除のオーバーラップ幅 E_b を引いた長さ $3L_b$ に決定される。また壁までの距離 L が、 $L_0 < L \leq L_b$ の範囲の場合は、走行距離 δ は、壁までの距離 L から横走行後のロボットボディと壁とのすきま幅 L_0 を引いた長さ $L - L_0$ に決定される。さらに壁までの距離 L が $L < L_0$ の場合、横走行はできないと判断して次の走行距離 δ を $\delta = 0$ にする。横走行可能ならば、次に横走行を指令するフラグ(横走行フラグという)をセットし、結合子Bに戻る。

横走行中は、第1図のロボット位置座標の検出、障害物の位置検出、位置データの情景地図へのメモリ、次の旋回中フラグ有るかの判断 y_{ss} 、旋回走行終りかの判断NO、結合子Bへ戻るの動作を繰り返す。

横走行は、第7図に示すメモリ内の情景地図では57から59まで壁56に向かって横に走行し、つづいて壁56に沿って59から60まで後退走行する。

横走行の終ると第1図の旋回走行終りかの判断が y_{ss} となり、次の旋回中フラグをリセットして

. 23 .

以上のように、この実施例では、自走掃除ロボットを壁ぎわや障害物のきわ(第9図の L_0)まで簡単かつ正確に接近させることができ、壁や障害物のきわの掃除のやり残しをなくすることができる。また実施例では、横走行で左右車輪の旋回と回転という簡単な駆動制御だけで済み、従来のような吸引口ブラシの操作制御や吸引口を出したことによるロボットの外形形状の変化を考慮した走行制御をしなくてもよく、走行方法の判断や決定に要する時間を短縮でき、かつ吸引口ブラシの駆動装置が不要であるのでロボットボディも小形化できる。したがって、超音波レーダで得られるまわりの壁や障害物の位置データ及び情景地図データの変化にすばやく対応できることになる。

なお、第1図、第2図、第7図～第9図では、壁について説明したが、障害物であっても同様である。また、上記実施例では、自走ロボットとして掃除機を搭載したものとしたが、塗装を行うなどの他の作業を行うものであってもよいことは明らかである。

. 25 .

結合子Bに戻る。

横走行が終り、第7図の60の点に達すると、もはやUターンや後退ができなくなり、かつ前方はすでに59から60の走行で掃除がすすんでいるので直進走行の必要もない。したがって第1図の処理は、前方に障害物があるかの判断が y_{ss} (第7図の走行経路53, 57, 59, 60は障害物の1つと見なす)、Uターン可能かはNO、横走行可能かはNOと進み、次のステップで、掃除終りかを判定する。

この判定は、第6図のメモリ47に形成された第7図の例で示す情景地図と自走掃除ロボットが走行した経路とから未掃除エリアを探すことによつて行われる。第7図の場合には、掃除が終つたものと判定されるが、室内に障害物があつたり部屋が四角形でない場合などに、未掃除エリアが存在する場合がある。未掃除エリアが見つかり、自走掃除ロボットをその未掃除エリアに走行させ、つづいて処理を結合子Aに戻し、未掃除エリアに対して上記の直進、Uターン、横走行等の動作が行われる。

. 24 .

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、自走ロボットを壁ぎわや障害物のきわまで簡単でかつ正確に接近させることができる効果がある。

また自走ロボットに設置される掃除機及び塗装装置などの作業機器を制御する必要がなく、車輪のみ走行制御だけでよいので制御の簡略化ができ、かつ作業機器の機構部や駆動部の簡略化され自走ロボットの小型化も図れる。これら制御の簡略化と作業機器の簡略化及び自走ロボットの小型化により、自走ロボットの走行方法の判断や決定を迅速に行うことができ、部屋の壁や障害物に対応して自走ロボットの動作変化を迅速に行え、作業時間を大幅に短縮できる効果がある。

4 図面の簡単な説明

第1図と第2図は本発明による自走ロボットの走行制御方法の一実施例を示すフローチャート、第3図は自走ロボットの一具体例を示す構成図、第4図と第5図は本発明の車輪駆動装置の一実施例を示す構成図、第6図は第3図、第4図、第5

図に示した自走ロボットにおける走行制御系全体を示すシステムブロック図、第7図は自走ロボットの制御装置で認識される情景地図データを示す説明図、第8図は自走ロボットのUターン方法を示す説明図、第9図は本発明の自走ロボットの走行方法を示す説明図である。

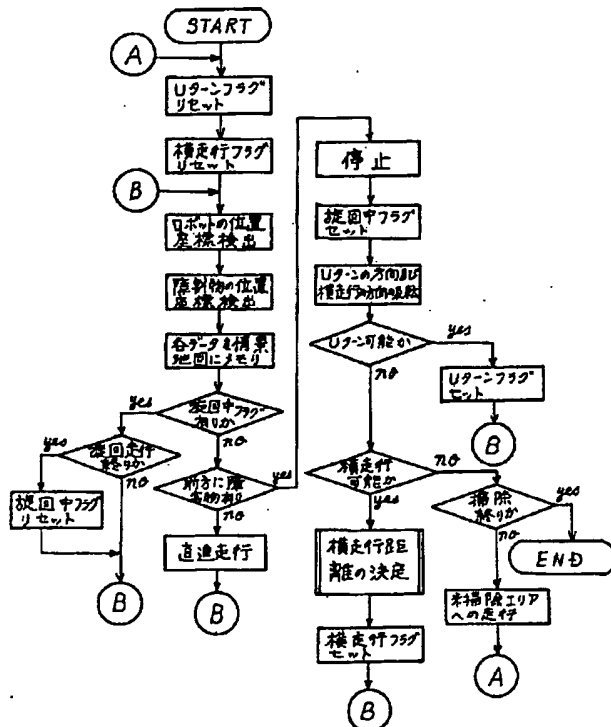
- 1, 1a~1f … 左車輪、 2 … 左車輪モータ、
 3, 6 … 横走行駆動部、 4, 4a~4f … 右車輪、
 5 … 右車輪モータ、 7 … 超音波送受信器、
 10 … パラボラアンテナ、
 12 … 超音波レーダエンコーダ、
 13 … ジャイロ、 14 … 掃除機、
 15 … ごみ吸口、 17 … 測定回路部、
 18 … 走行制御部、
 21 … ロボット本体フレーム、
 24 … 車輪旋回モータ、 27, 28 … ウォーム歯車、
 29 … ウォーム軸、 32 … 車輪旋回軸、
 32a … 旋回軸心、 34 … 旋回スイッチ、
 35 … 復帰スイッチ、
 36 … 車輪旋回角度の検出カム、

- 37 … 車輪駆動軸、
 30, 38, 39, 40 … かさ歯車、
 44, 44a … 車輪エンコーダ、
 46 … 中央処理部、
 52 … 車輪旋回角度検出回路。

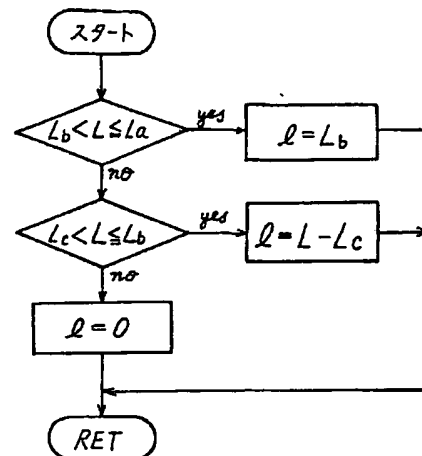
代理人弁理士 小 川 勝 男

・ 27 ・

第 1 図

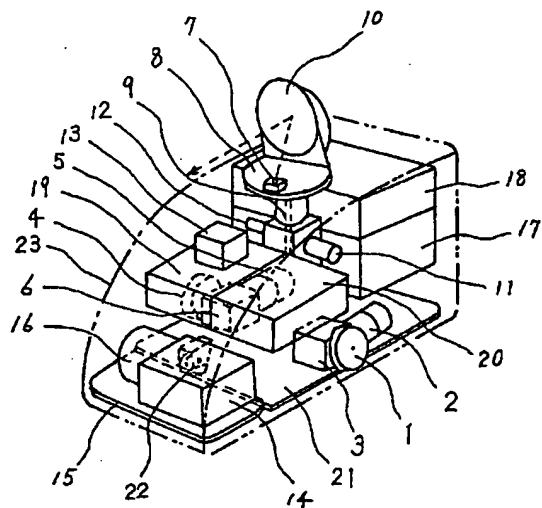


第 2 図



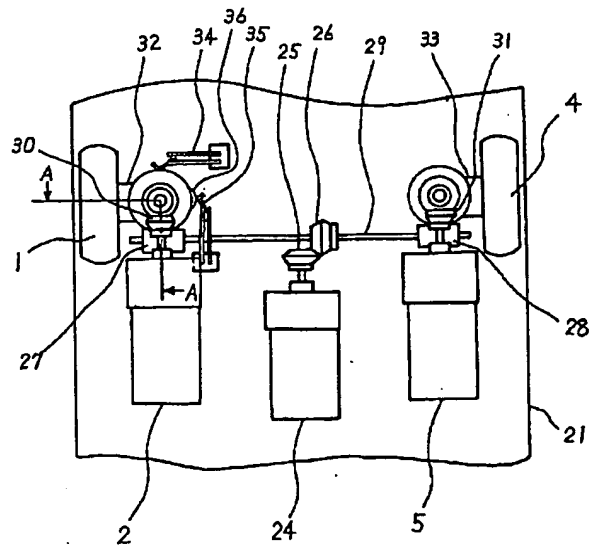
・ 28 ・

第 3 図

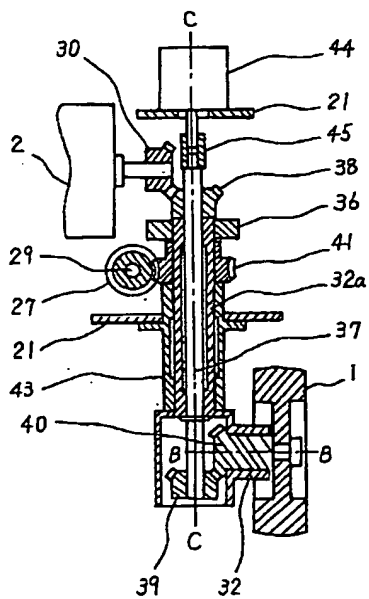


- 1 左車輪 6 横走行駆動部 14 掃除機
3 横走行駆動部 7 超音波送受信器 17 測定回路部
4 右車輪 13 ジャイロ 18 走行制御部

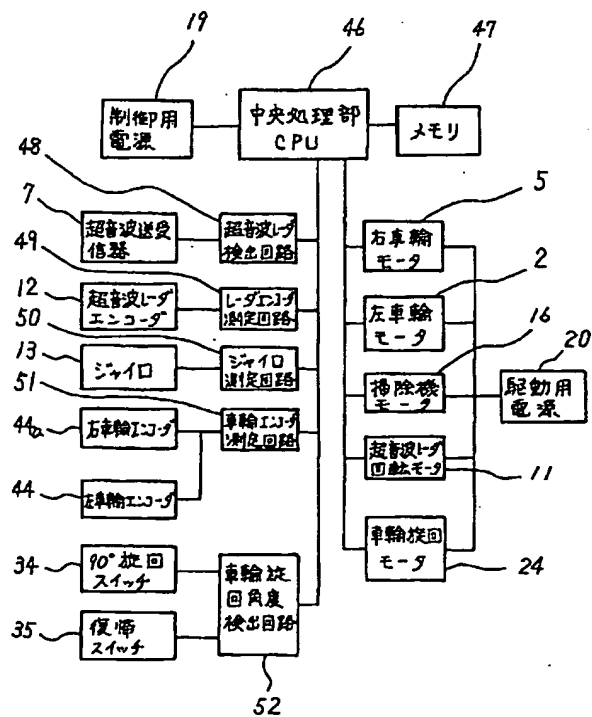
第 4 図



第 5 図



第 6 図



THIS PAGE BLANK (USPTO)